

文章编号: 1007-4627(2005)01-0001-03

## 晕核 ${}^6\text{He}$ (25 MeV/u)的单、双中子转移截面测量\*

叶沿林, 庞丹阳, 葛愉成, 江栋兴, 郑 涛, 王全进, 李智焕, 李湘庆,  
艾 颖, 张高龙, 王 佳, 陈志强, 胡青元  
(北京大学技术物理系, 教育部重离子物理开放实验室, 北京 100871)

A. Ozawa, Y. Yamaguchi, C. Wu, R. Kanungo, D. Fang, I. Tanihata  
(RIKEN, 2-1 Hirosawa, Wako, Saitama 351-0198, Japan)

**摘 要:** 实验测量了 25 MeV/u 的 ${}^6\text{He}+{}^9\text{Be}$ 反应中的单、双中子转移微分截面. 利用反应耦合道模型初步分析了实验数据, 计算大体重现截面值. 转移反应对末态有相当的选择性, 并且双中子转移截面主要来自到基态的一步过程. 后角度截面的上升可能与连续态的耦合有关.

**关键词:** 晕核; 转移反应; 反应耦合道模型

**中图分类号:** O571.55 **文献标识码:** A

### 1 引言

研究表明, 远离稳定线核内有显著的集团结构, 晕核则是一种极端的情况<sup>[1]</sup>.  ${}^6\text{He}$ 是最轻的晕核, 认识 ${}^6\text{He}$ 的内部结构, 一直是一个重要问题. 1993年, Zhukov等<sup>[2]</sup>具体计算了 ${}^6\text{He}$ 的 $\alpha$ 核芯加两个中子的三体波函数, 发现主要的成分是两个中子耦合成很靠近的对的情况(双中子型:  $\alpha$ -nn), 而较小成分(12%—16%)是两个中子分别耦合到 $\alpha$ 核芯的情况(雪茄型:  $n$ - $\alpha$ -n). 1997, Jurgen等<sup>[3]</sup>认为还必须考虑 ${}^6\text{He}$ 中的  $t$ - $t$  成分, 才能给出正确的结合能. 近几年, 人们开展了若干特殊的核反应实验

来研究 ${}^6\text{He}$ 的内部集团结构, 采用了 ${}^4\text{He}$ 靶、H靶等<sup>[4, 5]</sup>. 理论处理采用少体模型、包含连续态的耦合道理论等<sup>[6, 7]</sup>. 但由于 ${}^6\text{He}$ 结构的多样性和不同反应道的混合, 还需要更多的实验和理论工作.

### 2 实验与数据分析

实验在日本理化所进行, 采用 25 MeV/u 的 ${}^6\text{He}$ 轰击 ${}^9\text{Be}$ 靶. 实验布局和探测器设置可参阅本文集中庞丹阳等人的文章. 通过在线电磁分析和离线处理, 可以得到干净的人射 ${}^6\text{He}$ 束流, 入射粒子数目由靶前的PPAC监测. 靶后望远镜得到的同

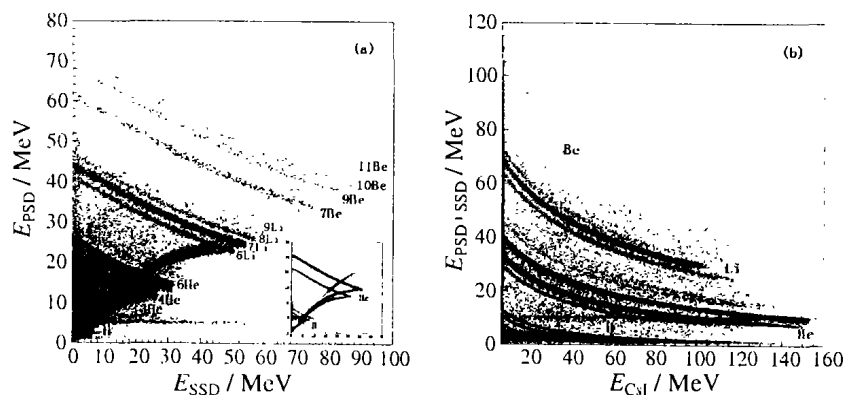


图 1 小角度望远镜的同位素分辨谱

(a)在 PSD中的能损对应应在 SSD中的能损, (b)在 PSD+SSD中的能损对应应在 CsI中的能损.

收稿日期: 2004 - 08 - 16

\* 基金项目: 国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000077403)

作者简介: 叶沿林(1959-), 男(汉族), 四川富顺人, 教授, 从事实验核物理研究; E-mail: yeyl@pku.edu.cn

位素分辨可见图 1. 对 Be 同位素的鉴别和能谱分析见图 2. 按照动力学关系, 前角度从靶中反冲出的

能量较高的<sup>10</sup>Be 和<sup>11</sup>Be 对应于后角度散射的<sup>5</sup>He 和<sup>4</sup>He, 即对应于单、双中子转移. 图 3 给出了微分

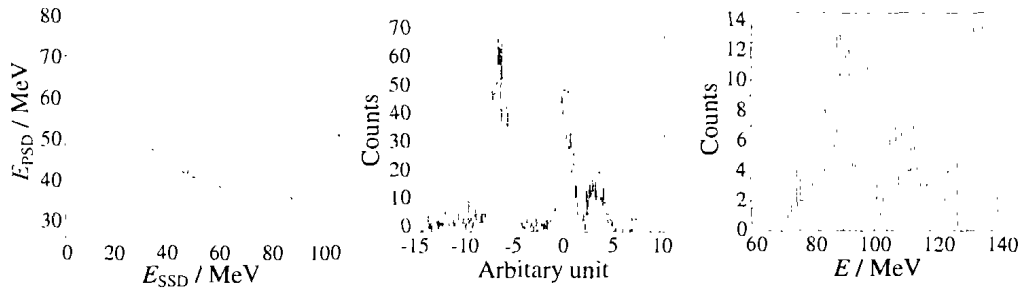


图 2 对小角度望远镜

(a) Be 同位素的分辨, (b) 质量数投影, (c) <sup>10</sup>Be 的能谱.

截面.

利用基于反应道耦合道 (CRC) 模型的程序 Fresco<sup>[8]</sup>, 对实验结果进行了初步分析. 模型计算需要输入弹性、单中子转移、双中子转移道的光学势. 本文中, 通过微观折叠模型计算获得光学势实部, 适当调整虚部以描写实验数据. 核芯与价核子

之间的束缚势和谱因子采用文献[5, 9—11]提供的参数. 计算表明, 单中子转移布居<sup>10</sup>Be 第一激发态的概率最大, 在图 3 中画出了相应的截面值(1n-S2). 而双中子转移布居<sup>11</sup>Be 基态的概率最大(2n-S1). 双中子转移又可分为一步过程和两步过程. 计算显示一步过程(2n-S1-1step)的截面比两步过程(2n-S1-2step)的大得多. 计算不能重现在后角度处截面的上升. 这一现象估计是由于连续态的耦合造成的. 更深入的理论分析正在进行中.

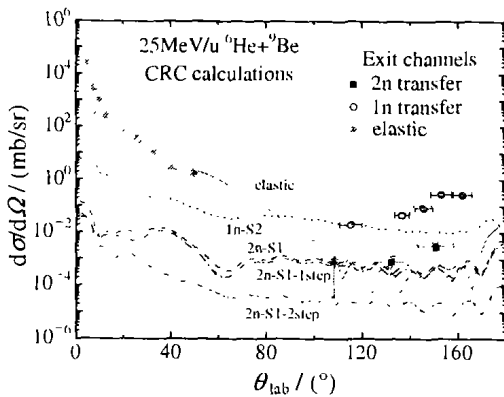


图 3 25 MeV/u <sup>6</sup>He+<sup>9</sup>Be 的弹性、单中子转移和双中子转移微分截面(线条为 CRC 计算结果)

### 3 结论

实验测量了 25 MeV/u 的<sup>6</sup>He+<sup>9</sup>Be 反应中的单、双中子转移微分截面. 利用反应耦合道模型初步分析了实验数据, 计算大体重现截面值, 但后角度截面的上升可能与连续态的耦合有关. 转移反应对末态有相当的选择性, 并且双中子转移截面主要来自到基态的一步过程.

### 参 考 文 献:

[1] Jensen A S, Riisager K, Fedorov D V, *et al.* Reviews of Modern Physics, 2004, **78**(1): 215.

[2] Zhukov M V, Danilin B V, Fedorov D V, *et al.* Phys Rep, 2004, **231**(4): 151.

[3] Wurzer J, Hofmann H F. Phys Rev, 1997, **C55**: 688.

[4] Ter-Akopian G M, Rodin A M, Fomichev A S, *et al.* Phys Lett, 1998, **B426**: 251.

[5] Wolski R, Fomichev A S, Rodin A M, *et al.* Phys Lett, 1999, **B467**: 8.

[6] Oganessian Yu Ts, Zagrebaev V I, Vaagen J S. Phys Rev Lett, 1999, **82**: 4 996.

[7] Rusek K, Kemper K W. Phys Rev, 2000, **C61**: 034608.

[8] Thompson I J. Comput Phys Rep, 1988, **7**: 167.

[9] Kyryanchuk V M, Rudchik A T, Budzanowski A, *et al.* Nucl Phys, 2003, **A726**: 231.

[10] Diaz-Torres A, Thompson I J. Phys Rev, 2002, **C65**: 024606.

[11] Krouglov I V, Avrigeanu M, von Oertzen W. Eur Phys J, 2001, **A12**: 399.

the site of Xiyue Temple and Lidipo kiln in Shangxi province, and were unearthed from the stratum of Song, Yuan, Ming, Early Qing and Late Qing dynasty were analyzed by instrumental neutron activation analysis (INAA). The results of multivariable statistical analyses show that the chemical compositions of the colored glaze bodies are steady from Song to Early Qing dynasty, but distinctly different with that in Late Qing. Probably, the sources of fired material of ancient colored glaze from Song to Early Qing came from the site of Xiyue Temple. The chemical compositions of three pieces of colored glazes in Ming dynasty and that of Late Qing are similar to that of Lidipo kiln. From this, we could conclude that the sources of the materials of ancient coloured glazes of Xiyue Temple in Late Qing dynasty have been fired in Lidipo kiln.

**Key words:** ancient colored glaze; instrumental neutron activation analysis; multivariable statistical analysis

(上接第 2 页)

## Measurement of One- and Two-neutron Transfer Cross Sections for ${}^6\text{He} + {}^9\text{Be}$ Reaction at 25 MeV/u Energy\*

YE Yan-lin, PANG Dan-yang, GE Yu-cheng, JIANG Dong-xing, ZHENG Tao,  
WANG Quan-jin, LI Zhi-huan, LI Xiang-qing, AI Ying, ZHANG Gao-long,  
WANG Jia, CHEN Zhi-qiang, HU Qing-Yuan

(School of Physics and DOE Key Laboratory of Heavy Ion Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

A. Ozawa, Y. Yamaguchi, C. Wu, R. Kanungo, D. Fang, I. Tanihata  
(RIKEN, 2-1 Hirosawa, Wako, Saitama 351-0198, Japan)

**Abstract:** Differential cross sections for quasi-elastic scattering at forward angles and for 1n and 2n transfer reaction at backward angles induced by  ${}^6\text{He}$  at 25 MeV/u from  ${}^9\text{Be}$  target were measured. The experimental data were analyzed in the framework of the CRC model. The rise at backward angle of the 1n and 2n transfer cross section can not be reproduced by the current calculation.

**Key words:** halo nucleus; transfer reaction; CRC

\* Foundation item: Major State Basic Research Development Program(G2000077403)